



(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENTAMT

## (12) Offenlegungsschrift

(10) DE 195 44 112 A 1

(51) Int. Cl. 6:

A 01 B 69/00

A 01 B 69/04

G 09 B 25/06

G 01 S 5/12

// G01C 21/00

(21) Aktenzeichen: 195 44 112.5

(22) Anmeldetag: 27. 11. 95

(43) Offenlegungstag: 28. 5. 97

(71) Anmelder:

Claas KGaA, 33428 Harsewinkel, DE

(72) Erfinder:

Steckel, Thilo, 33428 Harsewinkel, DE

(55) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 43 23 081 C2  
 DE 41 36 136 C1  
 DE 41 30 367 C2  
 DE 40 11 316 C2  
 DE 43 22 293 A1  
 DE 40 33 668 A1  
 DE 42 19 929  
 US 52 65 025  
 US 52 10 540  
 US 49 65 586

MAURER,Hans: Automatische  
Landnutzungskartierung aus Texturparametern. In:  
VR-Vermessungswesen und Raumordnung,  
Vermessungstechnische Rundschau, 43/ 5.Juli 1981,  
S.257-268;

(54) Verfahren zur Generierung digitaler Geländemodelle

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Generierung digitaler Geländemodelle. Es wird vorgeschlagen, während einer Flächenbearbeitung durch eine Arbeitsmaschine die räumlichen Koordinaten (x, y, z) zu ermitteln, zu speichern und für oder als ein digitales Geländemodell zu nutzen.

DE 195 44 112 A 1

BEST AVAILABLE COPY

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 04. 97 702 022/338

DE 195 44 112 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Generierung digitaler Geländemodelle, welche beispielsweise für landwirtschaftliche teilschlagspezifische Aufwandsoptimierungen, aber auch in der Forst- oder Bauwirtschaft, im Vermessungswesen oder in der Kartographie erforderlich sind.

Aus dem Stand der Technik ist es bekannt, sog. Ertragskarten von landwirtschaftlich genutzten Flächen anzulegen. So wird beispielsweise in der Schrift WO 86/05353 vorgeschlagen, während der Bearbeitung einer landwirtschaftlichen Fläche die Position zu erfassen, um in einer Karte die jeweils aktuellen Prozeßdaten der landwirtschaftlichen Maschine oder die von einer Sensorik erfaßte aktuelle Ertragsmenge, abzulegen. Die bisher bekannten landmaschinengestützten Kartierungssysteme sehen jedoch nur eine zweidimensionale Kartierung mit den Koordinaten (x, y) vor. Den Koordinaten werden dann bestimmte Ertrags-, Düngungs- oder bestimmte maschinenspezifische Steuerungswerte zugeordnet. So wird beispielsweise in der Schrift DE 44 31 824 vorgeschlagen, dem Steuerprozessor eines Mähdreschers den Zugriff auf ein historisches Datenkataster zu geben und während der Ernte im Zugriff darauf den jeweils aktuellen Koordinaten vorgreifend Soll- oder Grenzbetriebsdaten zu bestimmen und aktuell vorzugeben. Auch in dieser Schrift ist ein zweidimensionales Geländemodell vorausgesetzt. Dreidimensionale Reliefgeländemodelle werden heute von Landvermessern erstellt, die dabei auf unterschiedliche Techniken zurückgreifen, wie beispielsweise die Triangulation mit Hilfe fester Geländebezugspunkte, Radar oder neuerdings auch GPS-Systeme, die aus von mehreren Satelliten emittierten Zeitsignalen den aktuellen Standort errechnen. Nachteile der bekannten Verfahren zur Generierung von Geländemodellen sind der hohe Generierungsaufwand sowie die großen Abstände der Knotenpunkte im Raster von 20 bis 50 m.

Zur Nutzung von Geländemodellen in der Landwirtschaft ist eine möglichst hohe Rasterauflösung erforderlich, damit die für landwirtschaftliche Fragestellungen bedeutenden Reliefunterschiede, wie sie beispielsweise für die Abschätzung von Erosionsgefährdung, Nährstoffverhalten im Boden, Wasserabflußmodelle, Schadstoffeinträge und Befahrbarkeit, aber auch für Landmaschinenregelprozesse wichtig sind, nicht weggemessen werden. Auch für Anwendungen im Bauwesen oder der Forstwirtschaft reichen die handelsüblich verfügbaren Rasterauflösungen nicht aus, um aus den Geländemodellen Anwendungsoptimierungen herleiten zu können. Andererseits darf der Ertrag, der sich aus der Auswertung von Geländemodellen ergibt, nicht durch zu hohe Generierungskosten belastet werden. Es ist deshalb Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zu entwickeln, das eine kostengünstige Generierung von Geländemodellen mit einer hohen Auflösung erlaubt.

Die erfindungsgemäße Aufgabe wird gelöst, indem die räumlichen Koordinaten (x, y, z) während der Flächenbearbeitungen durch Arbeitsmaschinen, wie beispielsweise Traktoren, Raupen, Bagger, Mähdrescher etc., die mit einem Positionsermittlungssystem wie beispielsweise einem GPS-System ausgestattet sind, das auch Höhendaten ermittelt, gewonnen werden.

Die jeweils von einem Positionsermittlungssystem wie beispielsweise einem GPS-System ermittelten, einer Position der Arbeitsmaschine entsprechenden räumli-

chen Koordinaten (x, y, z) werden in weiterer Ausgestaltung der Erfindung in digitalisierter Form gespeichert. Sie können zu einem digitalisierten Geländereliefmodell weiterverarbeitet werden, das auf einem Bildschirm angezeigt, über Kabel oder Funk auf einen anderen Rechner übertragen oder über einen Drucker oder Speichermedien ausgegeben ist. Das digitalisierte Geländereliefmodell kann in dreidimensionaler Darstellung oder zweidimensional mit zusätzlichen Höhenlinien angezeigt oder ausgedruckt werden.

Die flächige Rasterweite der räumlichen Koordinaten (x, y, z) ist in Längsrichtung durch eine zur Vorfahrtgeschwindigkeit passende Lograte und in Querrichtung durch die Arbeitsbreite der Arbeitsmaschine gegeben.

Die mittels des vorgeschlagenen Verfahrens ermittelten räumlichen Koordinaten (x, y, z) oder das digitalisierte Geländereliefmodell können mit räumlichen Koordinaten (x, y, z) oder einem digitalisierten Geländereliefmodell, die mittels eines oder mehreren früheren erfindungsgemäßen Bearbeitungsgängen einer oder mehrere Arbeitsmaschinen ermittelt wurden, zu neuen oder zusätzlichen räumlichen Koordinaten (x, y, z) oder einem neuen digitalen Geländereliefmodell kombiniert werden. Dadurch ist es möglich, bei unterschiedlichen Arbeitsbreiten und Fahrgassen noch kleinere Rastermaße zu erhalten. Auch können durch einen Vergleich der räumlichen Koordinaten (x, y, z) oder der Geländereliefmodelle unwahrscheinliche Koordinaten geglättet oder ersetzt werden. Zudem ist es möglich, durch Zusammenfügen der Koordinaten (x, y, z) oder der digitalisierten Geländereliefmodelle von einzelnen aneinanderstoßender oder sich überlappender Flächen möglich, ein Geländereliefmodell einer größeren Fläche zu erhalten. Auch ist eine Kombination der erfindungsgemäß ermittelten mit den herkömmlich ermittelten Koordinaten oder Geländereliefmodelle möglich.

Die ermittelten räumlichen Koordinaten (x, y, z) oder das digitalisierte Geländereliefmodell kann ausgewertet und die Auswertung für die Vorgabe von maschinen-technischen Soll- oder Grenzbetriebsdaten gebraucht werden, wie beispielsweise neigungsabhängige Maschinen-einstellungen, Arbeitsanwendungen wie Planierhöhe im Bauwesen oder Düng- oder Pflanzenschutzmit-telausbringemenge in der Landwirtschaft, oder die Be-fahrbarkeitsrichtung.

Zur Realisierung der Erfindung ist es auch möglich, neben oder anstelle eines GPS-Systems sonstige, aus dem Stand der Technik bekannte, mit hinreichender Ge nauigkeit arbeitende Positionsermittlungssysteme auf der Arbeitsmaschine zu installieren. Insbesondere ist es vorteilhaft, zur Erhöhung der Meßgenauigkeit des Höhenwertes (z) eines GPS-Systems entsprechende zusätzliche Meßinstrumente zur Bestimmung der absoluten Höhe oder relativen Höhenunterschieden, wie beispielsweise eine Druckdose, mit dem GPS-System zu verbinden.

Insgesamt ermöglicht es die Erfindung, mit geringem Aufwand bei routinemäßigen Arbeiten ein Geländereliefmodell mit hoher Auflösung und Präzision zu erhalten.

Die Erfindung wird anhand der folgenden Figuren beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine selbstfahrende Arbeitsmaschine auf unebenem Bodenprofil.

In Fig. 1 ist ein dreidimensionales Koordinatensystem (2) mit x-, y- und z-Achsen gezeigt. Das tatsächliche Geländeprofil (10) ist anhand der Linien (4) in x-Richtung und der Linien (6) in y-Richtung skizziert, wobei

die Höhenlage einer Linie (4) oder (6) durch den jeweils zugehörigen z-Wert bestimmt ist. Das Ausführungsbeispiel wird erläutert anhand eines an sich bekannten Mähdreschers (8) als Arbeitsmaschine. Der Mähdrescher (8) überfährt während des Erntevorganges das Geländerelief (10) entlang der x-Achse. Der Mähdrescher (8) ist mit einem GPS-System (12) ausgestattet, mit dessen Hilfe er in definierten Zeitraten oder Wegstrecken seine aktuelle Position mit der jeweiligen räumlichen Koordinate (x, y, z) bestimmt. Ein GPS-System (12) 10 besteht in der Regel aus einer Antenne, die von GPS-Satelliten ausgestrahlte Funksignale empfängt, und einem mit der Antenne verbundenen Mikroprozessor, der die empfangenen Funksignale mit einer geeigneten Software in Positionskoordinaten umrechnet. Der Abstand (14) 15 zwischen zwei Linien (6) in y-Richtung entspricht in etwa der Arbeitsbreite des Mähdreschers (8). Der Zeitversatz aus den Funksignalen der GPS-Satelliten ermöglicht es, nicht nur die x- und y-Koordinaten, sondern auch die z-Koordinaten zu ermitteln. Um die z-Koordinaten zu bekommen, muß der Mähdrescher (8) mit einer an sich bekannten Software ausgestattet sein, die aus den empfangenen Funksignalen den z-Wert errechnet. Dabei kann sich das GPS-System an sich schon für die Korrektur der x- und y-Werte bekannter Korrekuverfahren bedienen, um die Genauigkeit der ermittelten Werte zu erhöhen. Die vom GPS-System ermittelten räumlichen Koordinaten (x, y, z) werden dann in digitalisierter Form gespeichert. Die Speicherung kann innerhalb des GPS-Systems, aber auch im zentralen Bordrechner, im Bedienpult in der Kabine oder in einem anderen in der Arbeitsmaschine angeordneten Bordrechner, die idealerweise miteinander vernetzt sind, erfolgen. Die digitalisierten räumlichen Koordinaten (x, y, z) können auch telemetrisch über eine in der Arbeitsmaschine installierte Funkeinheit einem externen Rechner übermittelt und dort gespeichert werden.

Die in Fig. 1 eingezeichneten Koordinatenpunkte (16) sind räumlich durch die jeweiligen Werte (x, y, z) definiert. Durch Verbinden benachbarter Koordinatenpunkte (16) durch Linien gelingt es, das Geländerelief (10) räumlich darzustellen. Der Verlauf der Verbindungslinien zwischen den benachbarten Koordinatenpunkten (16) kann von einer geeigneten Software berechnet werden. Anstelle einer räumlichen Darstellung 45 kann auch eine zweidimensionale Darstellungsform gewählt werden, bei der Koordinatenpunkte gleicher Höhe (z-Wert) durch Linien miteinander verbunden sind und die Verbindungslinien ebenfalls von einer geeigneten Software berechnet werden. Die auf beiderlei Weise 50 berechneten Darstellungsformen erlauben eine optische Wahrnehmung des ermittelten Geländereliefs, wobei die Anzeige des Geländereliefmodells über Bildschirme oder Drucker erfolgen kann.

Die Auswertungen des digitalisierten Geländereliefmodells können erfolgen auf Basis der dreidimensionalen oder der zweidimensionalen Darstellungsform des Geländereliefmodells mit Höhenlinien oder auf einer mathematisch-vektoriellen Modellierung, deren vektorielle Darstellung sich aus den einzelnen räumlichen Koordinaten (x, y, z) ableitet. Für softwaregestützte Auswertungen kann das auf die bloßen Koordinaten gestützte Modell, das eine Auswertung anhand einzelner Koordinatenwerte x, y oder z erlaubt, vorteilhaft sein.

Die während einer Flächenbearbeitung ermittelten 65 Koordinatenpunkte (16) können mit früher oder später ermittelten Koordinatenpunkten so kombiniert werden, daß sich ein engmaschigeres Netz zur Abbildung des

Geländereliefs (10) ergibt. In Fig. 1 sind die Koordinatenpunkte (18) aus einer früheren Flächenbearbeitung dargestellt, aus deren Verbindung mit benachbarten Koordinatenpunkten (16) sich ein noch höher auflösendes Geländereliefmodell ergibt.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Generierung digitaler Geländere liefmodelle durch Nutzung von GPS-Systemen, dadurch gekennzeichnet, daß die räumlichen Koordinaten (x, y, z) während der Flächenbearbeitungen durch Arbeitsmaschinen, die mit einem Positionser mittlungssystem wie beispielsweise einem GPS-Sy stem ausgestattet sind, das auch Höhendaten ermit telt, gewonnen werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekenn zeichnet, daß die jeweils von einem Positionser mittlungssystem wie beispielsweise einem GPS-Sy stem ermittelten, einer Position der Arbeitsmaschi ne entsprechenden räumlichen Koordinaten (x, y, z) in digitalisierter Form gespeichert werden.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die ermittelten oder gespeicherten räumlichen Koordinaten (x, y, z) zu einem digitalisierten Geländereliefmodell weiter verarbeitet sind, das auf einem Bildschirm ange zeigt, über Kabel oder Funk auf einen anderen Rechner übertragen oder über einen Drucker oder Speichermedien ausgegeben ist.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Geländereliefmo dell in dreidimensionaler Darstellung angezeigt oder ausgedruckt ist.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Geländereliefmo dell zweidimensional mit zusätzlichen Höhenlinien angezeigt oder ausgedruckt ist.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die flächige Raster weite der räumlichen Koordinaten (x, y, z) in Längs richtung durch eine zur Vorfahrtsgeschwindigkeit passende Lograte und in Querrichtung durch die Arbeitsbreite der Arbeitsmaschine gegeben ist.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die mittels des vorge schlagenen Verfahrens ermittelten räumlichen Koordinaten (x, y, z) oder das digitalisierte Geländere liefmodell mit räumlichen Koordinaten (x, y, z) oder einem Geländereliefmodell, die mittels eines oder mehreren früheren erfundungsgemäß Bearbeitungsgängen einer oder mehrerer Arbeitsmaschinen ermittelt wurden, zu neuen räumlichen Koordinaten (x, y, z) oder einem neuen digitalen Gelände reliefmodell kombiniert sind.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die ermittelten räumlichen Koordinaten (x, y, z) oder das digitalisierte Geländereliefmodell ausgewertet und die Auswer tung für die Vorgabe von maschinentechnischen Soll- oder Grenzbetriebsdaten brauchbar ist.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß neben oder anstelle eines GPS-Systems sonstige, aus dem Stand der Technik bekannte mit hinreichender Genauigkeit arbeitende Positionsermittlungssysteme, insbesondere zur Ermittlung der relativen oder absoluten Höhe, auf der Arbeitsmaschine installiert und ggf.

DE 195 44 112 A1

5

6

mit dem GPS-System zu einer Funktionseinheit  
verbunden sind.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

BEST AVAILABLE COPY

**- Leerseite -**

**BEST AVAILABLE COPY**

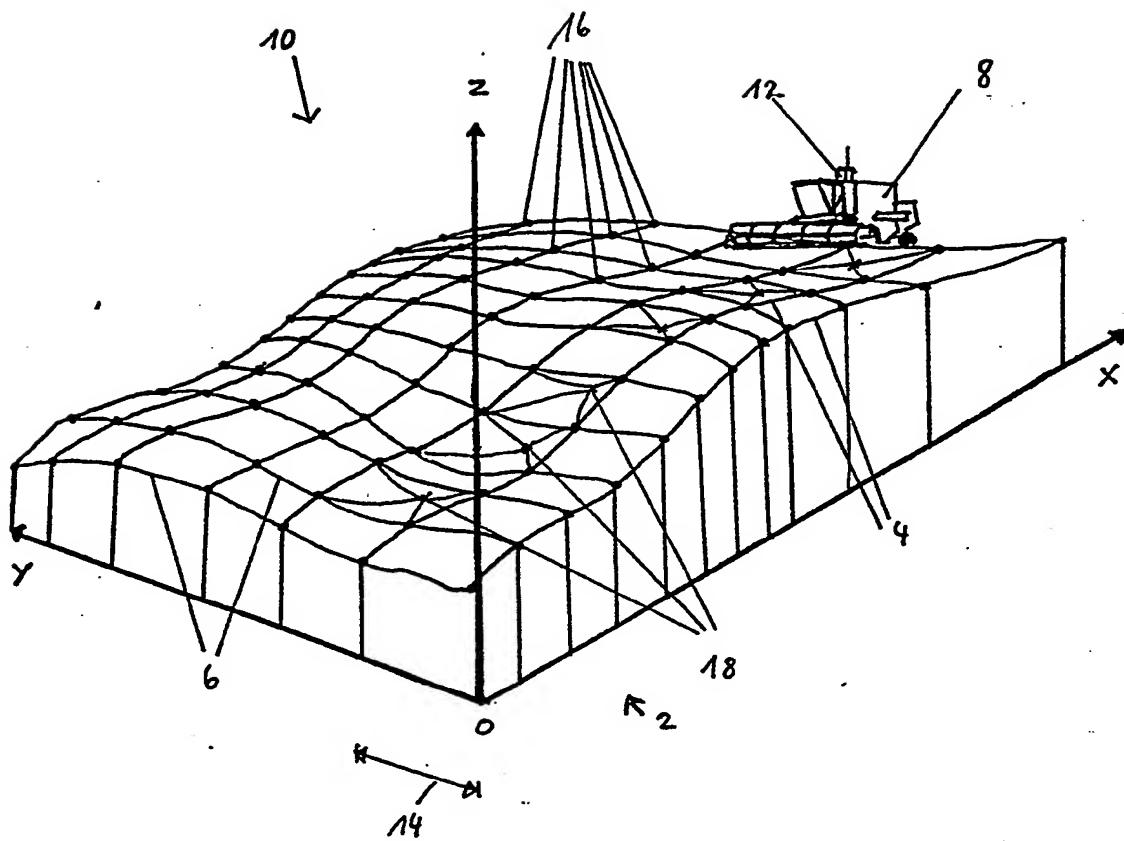


Fig. 1

BEST AVAILABLE COPY

702 022/338